

【7-5】

活断層(含伏在断層)と建物被害

—中越沖地震被災地: 柏崎・刈羽地域を対象に—

Active fault (include dislocation fault) and building damage

—To the object on the CYUETSU-OKI earthquake stricken area: Kashiwazaki・Kariwa area—

正会員 深澤大輔

Daisuke FUKAZAWA

椎谷観音の北方の沖合 17km の海底で M6.8 の中越沖地震が発生し、2つの震源断層が陸側に潜り込み、陸側にあった活断層と交差し、地表面にその揺れを伝えた。その結果、砂丘の崖崩れや液状化、なぎさ現象、盛り土の崩落などを生じさせ、全壊家屋が 1000 棟以上にも上る被害をもたらした。再び、その被害は繰り返させないためには、活断層が通っている場所の土地利用のあり方について、今後明確にしていくことが急務である。

Keywords ; Active fault, Sand hill, Liquid state -ization, Land application, Disaster prevention
活断層, 砂丘, 液状化, 土地利用, 防災

1. はじめに

平成 19 年 7 月 16 日(月)の 10 時 13 分頃、柏崎市椎谷岬沖合の海底(17km)を震源とする中越沖地震(M6.8)が発生した。最大震度は 6 強で、新潟県内の被害は、死者 14 名、重軽傷者 1,957 名、建物全壊 1,082 棟、建物大規模半壊 348 棟、建物半壊 1,987 棟、建物一部損壊 25,102 棟、非住家被害 18,657 棟に上った。今回の被害について、砂丘の崖崩れ、液状化、なぎさ現象、旧河道などに伴って発生したとの解説が多く見られるが、それを引き起こしたメカニズムに基づく原因解明がされているようには考えられない。柏崎市と刈羽村における住宅被害についてその分布を見ると、鯖石川河口の北と南でやや異なるが、ほぼ海岸線に沿って幾重にも線状に連なっている。従って、本論文ではその被災建物の分布をベースに、何故被害がそのように線状に起きたのか、その解明を行うことを目的とする。

2. 震源活断層と陸域の活断層と亀裂

(1) 柏崎—千葉構造線

ナウマンは、ドイツの地質学者であるが、県内でも東山と西山の油田探査等の数多くの地質調査に当たり、糸魚川—静岡構造線と柏崎—千葉構造線に挟まれた地帯をフォッサマグナ(大地溝帯)と命名した。これはフィリピン海プレートが北上して伊豆半島に衝突し、日本列島に楔型に入り込んで形成されたものである。それにより、当時 V 字形だった日本列島がハの字になって開き、約 40km の幅を持つ越後平野が形成されたとしている。

この柏崎—千葉構造線はほぼ柏崎市の鯖石川の川筋と認められ、その日本海側の端部に柏崎刈羽原子力発電所が位置している。

(2) 2つの震源断層

国土地理院は、今回の中越沖地震をもたらした震源断層として、2つの海底から陸に向かって伸びる断層面を示している。しかしながら、東大地震研では、南側の断層面は南東方向に潜り込んでいるが、北側については潜り込みか上昇か不明としている。

【7-5】

本報では、2つの震源断層面があり、両方とも陸側に潜り込んでいるものとして以下検討して行く。尚、中越沖地震では日本列島が東西から圧迫される中で、逆断層が生じたとされているので、その知見に従うこととする。

(3) 活断層と伏在断層、他

活断層とは、過去180~200万年の間に動いた断層のことをいう。その判定は、航空写真から一般的な河川の浸食による襲撃に対し、それとは異なる直線上の襲撃を見つけ、地上の踏査によって、露頭に現れた地質や地層を結び併せ、活断層であるかどうか判定する。活動度についてはトレンチ調査等を行い、調べる。このように目視による判定が主であるため、沖積層や砂丘などの場合には、地下にある断層が見られないため、伏在断層として区別している。

中越沖地震の場合、柏崎刈羽原子力発電所の沖合に7本の活断層があるが、その1本が動いたとされている。震源は海底17kmで震源断層は南東方向に潜り込んでいるので、陸側には地表地震断層は現れていない。このため、原子力発電所構内に21本の亀裂が見つかったと報じられているが、それらは地震動に伴い盛り土等に生じた単なる地表面の亀裂であって、活断層では無いとされている。

(4) 逆断層の形成に伴う砂丘の発達

前にも述べたが日本列島は東からフィリピン海または北アメリカプレートによって押され、西からはユーラシアプレートによって押されていることが、GPS測量などから明らかになっている。これは、大きく日本列島で見ても、小さく日本海の沿岸についても同様の形が認められる。

信濃川と阿賀野川が日本海に注いでいる新潟市沿岸部の砂丘について見ると、これまで一般に砂丘は日本海からの強い西風によって砂が吹き飛ばされ堆積したものと考えられて来たが、その襲撃は風によるものだけとは考え難い。逆断層が沿岸部に形成され、それに風で運ばれてきた砂が堆積し、幾筋もの砂丘が形成されたものと考えると理解し易い。

柏崎の西山から市街地にかけて見られる砂丘は砂嘴と呼ばれる形態であるが、海流によって形成されたとは考え難い。これについても、下に逆断層があり、そこに砂が堆積してできたものと推察すると理

解し易い。

(5) 震源断層とそれに交差する活断層

本報では2つの海底に生じた震源断層は、海側から陸に向かって北側は 42° 、南側は 44° の角度で南東方向に潜り込んでいるものと仮定する。また、新潟県地質図2の内、柏崎付近の陸側で見られる活断層は、図1の如く黒い実線で示されている。

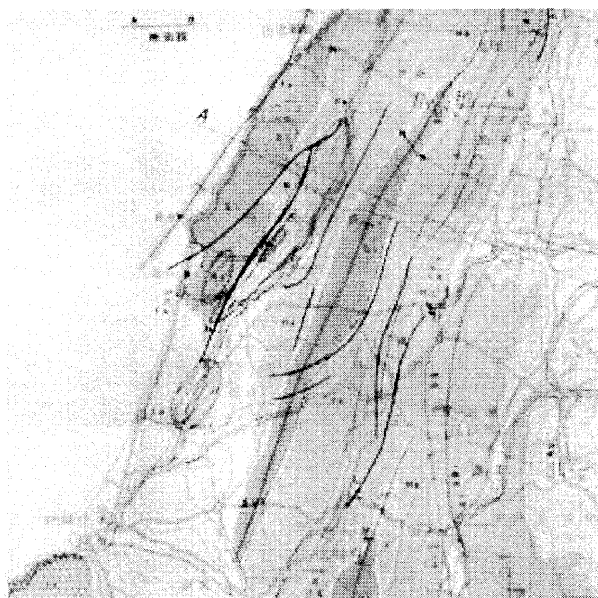


図1 柏崎付近の陸側活断層(新潟県地質図)

北側についてはその実線がほぼ海岸線に沿って描かれているのに対し、それを南方向に辿って見るとその中の数本が西側にカーブしていることが分かる。これは前述した如く柏崎-千葉構造線が、左横ズレを起こしているためと考えられる。この地表断層線は、椎谷岬の北側で切断した地層断面で見ると、図2で示した如くやや東側に傾いて潜り込んでいる。これに対し、米山付近で見た南側の地層断面図3を見ると、西方向にやや傾いた形で潜り込んでいる。

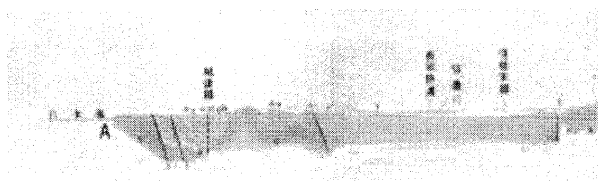


図2 椎谷岬の北側の地層断面図(新潟県地質図)



図3 米山付近の南側の地層断面図(新潟県地質図)

【7-5】

実際には、地下17kmから30km程も深い位置のことであり正確には分からないが、単純に延長して考えると、北側は地下で約40°、南側は約60°で交差していることになる。このように震源断層が地下で活断層と交差していたために、今回、その地表活断層近傍に位置し、地盤に問題のあった箇所で大きな地盤と建物被害が発生したものと推察される。

3. 中越沖地震に伴う建物被害の発生箇所

(1) 地中越沖地震に伴う被災の大きかった箇所

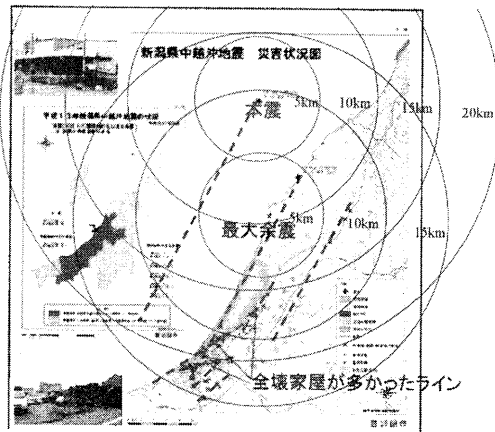


図4 地震災害の大きかったヶ所(破線部分)

(2) 鯖石川の北側の建物被害の多かった箇所

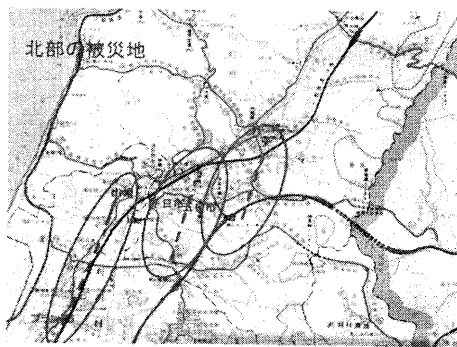


図5 鯖石川の北側の建物被害の多かったヶ所

(3) 鯖石川の南側の建物被害の多かったヶ所

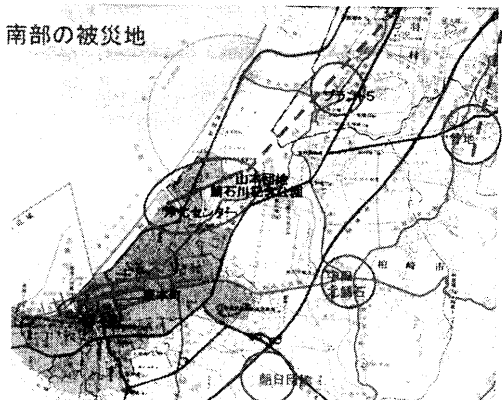


図6 鯖石川の南側の建物被害の多かったヶ所

(4) 住宅被害が多かった町の分布



図7 直線的に連なる住宅被害が多かった町の分布

(5) 仮設住宅団地の建設ヶ所

応急仮設住宅建設地

42ヶ所1,222戸(平成19年9月20日現在)



図8 直線的に連なる仮設住宅の建設地の分布

4. 中越沖地震による被災のメカニズム

(1) 陸域の活断層の直上での地震被害が多発

地震のエネルギー³⁾は、震源から球状に伝わる。従って、地震被害は、地面の地質が均質であれば震央の直上から同心円を描く形で地震の規模に応じて広がり、距離に逆比例して減少する。従って、一般的には、最初の震源から断層面に沿って広がり、地表に現れる活断層部分で大きな地震被害が発生する。

(2) 糸電話の原理で地震エネルギーは地殻の亀裂を通じて伝搬

今回の中越沖地震の場合、亀裂は多数認められたが、地表面に震源活断層によるズレは見られなかった。しかしながら、明らかに線状に集中する形で被害ヶ所が分布しており、一様に震央からの距離によって減衰する形とはなっていない。柏崎の場合、千

【7-5】

葉で大きな地震が発生すると、途中の地震計によって記録された値よりも大きな数値が観測されることが認められるが、これは、糸電話の原理で説明できる。つまり、地震のエネルギーは柏崎―千葉構造線を伝って来、端部で増幅するためと推察される。

(3) 震源活断層のエネルギーは交差する活断層を伝搬

固い岩盤で形成されている地殻には多くのひび割れが活断層という形で存在している。従って、中越沖地震の場合、震源断層が右横ズレを起こした際に、それに交差する何本もの活断層が揺れ動き、その地表断面で液状化が発生したり、その軟弱層で建物が大きく揺れて倒壊したり、砂丘が崖崩れを起こして家等を押つぶしたりしたものと推察される。

これは、中越地震で悠久山断層が東側と西側に通っている長岡市の高町団地で大きな被害が生じたが、この断層は震源断層では無かった。また、墓石の転倒率について整理すると、地上ではグリッド状に点在することが指摘されている等も同様の現象と考えられる。つまり、震源断層でなくても、それと交差する活断層(含伏在断層)の近傍であれば地下からの揺れが大きく伝搬し、その地上断層線上で亀裂や液状化、崖崩れ等が発生し、建物等の被害が大きくなることが、中越地震と中越沖地震の被災した建物などの分布結果から言える。

5. 中越沖地震の被災地に見られた亀裂等⁴⁾**(1) 砂丘上の西本町から東本町にかけての被災地**

- ・西本町の寺の裏側に線状に亀裂が生じた
- ・市民プラザ前の道路に線状に段差生じた
- ・えんま通り南側商店街が壊滅的被害を受けた

(2) 浄化センターから鯖石川記念公園、クリーンセンター・山本団地の線上の被災地

- ・鯖石川記念公園に線状に亀裂と液状化生じた
- ・鯖石川の右岸と左岸に凹みと亀裂が見られた
- ・山本山団地に線状に亀裂生じた

(3) プラント5から稲場にかけての砂丘麓の山際線上に見られた被災状況

- ・刈羽村稲場の砂丘に2本の亀裂と住宅被害が発生
- ・刈羽村稲場の人家に直交する形で亀裂が生じた

6. 考察

中越沖地震において甚大な被害が発生した原因は、砂丘⁵⁾の山崩れ、液状化、なぎさ現象、旧河道の埋

立地、盛り土、軟弱地盤などと指摘されている。その場所に限って見た場合にはそれはほぼ正しいものと理解される。しかしながら、それらを震源からの距離で見ると必ずしも遠ざかるに従って被害が少なくなっているようには見えず、帯状に幾重にも連なっている。また、液状化とされている所も同じような場所では被害が殆んど観測されなかったりしている。なぎさ現象にしても、ある縁辺集落には被害が集中していても、近くの他の場所を見ると、必ずしも被害は見られなかったりする。

これに対し、その被害の起きた場所についてやや広域的に見てみると、それらは線上に点在して広がっていることが分かる。また、その被害はかなり甚大であり、単なる崖崩れや液状化では済まされない程の被害が集中的に見られる。

7. おわりに

活断層に沿って地震の被害は集中していることと、その被害は繰り返されていることが言われている。しかしながら、地震に対する地盤の耐震補強の解説は色々とされているが、そこに活断層が通っている場合の対処の仕方については皆無である。日本建築学会では、活断層をまたぐ形で建物を建てることは避けるべきと指摘しているのみである。そのような土地の場合には免震構造の採用を義務付ける等の方策が必要と思われる。本報告が安心して住める安全な居住地づくり⁶⁾に何らかの形で寄与できることになれば幸いと考えている。諸兄のご判断を仰ぎたい。

謝 辞

このまとめに際し、元前橋工科大学教授濱島良吉氏、川崎地質の福田誠氏・河太誠氏、村尾技研の新関敦生氏・村尾建治氏に様々なアドバイスを戴いた。

参考文献

- 1) 山下昇編：フォッサマグナ，1995，東海大学出版会。
- 2) 新潟県地質図作成委員会：新潟県地質図1/20万。
- 3) 松田時彦：活断層，岩波新書423，2002，岩波書店。
- 4) 図説新潟市史；新潟市史別編，市制100周年記念，1989，新潟市。
- 5) 深澤大輔：地震被害とその特徴，日本雪工学会上信越支部中越沖地震速報会，2007，長岡技術科学大学。
- 6) 茅原一也；新潟は安全か，1998，新潟日報事業社。